

AN: PAT 1983-754138
TI: Rotor construction for axial gas turbine has wedge
projection in blade fastening groove of rotor disc engaging
lower surface of blade root
PN: **DE3306143-A**
PD: 01.09.1983
AB: The rotor construction group of an axial gas turbine has a
rotor disc (14) with projecting blades. The blade profile
section of each blade has reinforcing ribs, which extend
perpendicularly from the pressure and suction sides to the
corresp. rib of the adjacent blade. The rotor has an
arrangement to fasten each blade in a corresp. groove (24) on
the rotor disc circumference. The arrangement comprises a wedge
projection (40) of the groove engaging the lower surface (34)
of the blade root. The root and the fastening groove are shaped
so that increasing free play results between the two, when the
blade is axially retracted from the groove.;
PA: (UNAC) UNITED TECHNOLOGIES CORP;
IN: HONDA K T; SMITH S L; VOYER P E;
FA: **DE3306143-A** 01.09.1983; **DE3306143-C** 09.04.1992;
FR2522063-A 26.08.1983; GB2115499-A 07.09.1983;
GB2115499-B 30.01.1985; US33954-E 09.06.1992;
US4451205-A 29.05.1984;
CO: DE; FR; GB; US;
IC: F01D-005/30; F02C-007/00; F04D-029/32;
DC: Q51; Q52; Q56;
PR: US0351061 22.02.1982; US0656337 24.12.1990;
FP: 26.08.1983
UP: 09.06.1992

202/5599

71

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①② **Offenlegungsschrift**
①① **DE 33 06 143 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:
F 01 D 5/30

②① Aktenzeichen: P 33 06 143.2
②② Anmeldetag: 22. 2. 83
②③ Offenlegungstag: 1. 9. 83

DE 33 06 143 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
22.02.82 US 351061

⑦① Anmelder:
United Technologies Corp., 06101 Hartford, Conn.,
US

⑦④ Vertreter:
Menges, R., Dipl.-Ing.; Prah, H., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

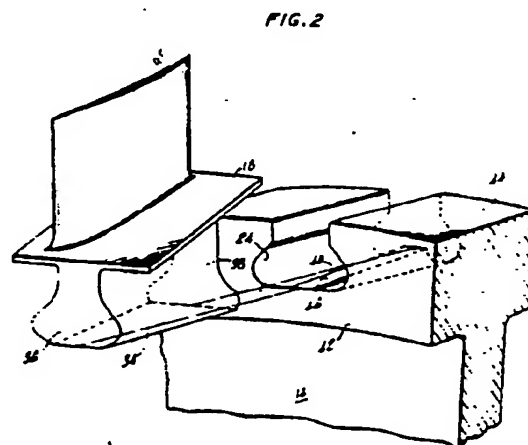
⑦② Erfinder:

Honda, Keith Thomas, 06066 Rockville, Conn., US;
Smith, Stephan Lester, 06074 South Windsor, Conn.,
US; Voyer, Peter Edward, 06084 Tolland, Conn., US

DEUTSCHES PATENTAMT

⑤④ Rotorbaugruppe für ein Axialgasturbinenriebwerk

Beschrieben sind Laufschaufel- und Rotorscheibenaus-
bildungen, die das Ausbauen und Wiedereinbauen einer einzel-
nen Laufschaufel ermöglichen. Das Konzept eignet sich
besonders für Konfigurationen, bei denen miteinander verrie-
gelte Versteifungsrippen im mittleren Bereich der Laufschaufel-
spannweite benutzt werden, die das Herausziehen einer
einzelnen Laufschaufel aus einer Rotorscheibe (14) verhin-
dern. In einer Ausführungsform haben der Laufschaufelwur-
zelabschnitt und die Schaufelbefestigungsnut (24) in der
Rotorscheibe (14) derartige Umrisse, daß sich zunehmendes
Spiel zwischen der Unterseite des Wurzelabschnitts und der
Befestigungsnut ergibt, wenn die Laufschaufel aus der Befes-
tigungsnut axial herausgezogen wird. Das Schwenken der
Laufschaufel im Rahmen des geschaffenen Spiels ermöglicht,
die Laufschaufel vorbei an den Versteifungsrippen und Flügel-
profilabschnitten der benachbarten Laufschaufeln herauszu-
ziehen.
(33 06 143)





3306143

Zugelassene Vertreter vor dem Europäischen Patentamt
Professional representatives before the European Patent Office

Erhardtstrasse 12, D 8000 München 5

Patentanwälte Menges & Prahl, Erhardtstr 12 D-8000 München 5

Dipl.-Ing. Rolf Menges
Dipl.-Chem. Dr. Horst Prahl

Telefon (089) 26 3847
Telex 529581 BIPAT d
Telegramm BIPAT München

Ihr Zeichen/Your ref

Unser Zeichen/Our ref U 832

Datum/Date 22.02.1983

United Technologies Corporation
Hartford, Connecticut 06101, V.St.A.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Rotorbaugruppe für ein Axialgasturbinentriebwerk, mit einem Kranz von Laufschaufeln (12), die sich von dem Umfang einer Rotorscheibe (14) nach außen erstrecken, wobei der Flügelprofilabschnitt (16) jeder Laufschaufel Versteifungsrippen (30, 32) hat, die sich quer von deren Druck- und Saugseite weg zu entsprechenden Versteifungsrippen der benachbarten Laufschaufeln erstrecken, g e k e n n - z e i c h n e t durch Vorrichtungen (34, 40) zum Befestigen jeder Laufschaufel (12) in einer entsprechenden Befestigungsnut (24) am Umfang der Rotorscheibe (14), wobei der Wurzelabschnitt (20) der Laufschaufel und die Befestigungsnut der Rotorscheibe derartige Konturen haben, daß sich zunehmendes Spiel zwischen der Unterseite des Wurzelabschnitts der Laufschaufel und der Befestigungsnut ergibt, wenn die Laufschaufel aus der Befestigungsnut axial herausgezogen wird.
2. Rotorbaugruppe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorrichtungen zum Befestigen jeder Laufschaufel (12) die Befestigungsnut (24) einen keilförmigen Vorsprung (40)

3306143

3306143

- 2 -

hat, der sich von dem Mittelteil des Grundes der Befestigungsnut aus erstreckt und sich so verjüngt, daß der Querschnitt von der Vorderseite zur Rückseite der Rotorscheibe (14) zunimmt, und der Wurzelabschnitt (20) eine untere Fläche (34) mit einer Verjüngung hat, die der des keilförmigen Vorsprungs der Befestigungsnut entspricht.



3306143

Zugelassene Vertreter vor dem Europäischen Patentamt
Professional representatives before the European Patent Office

Erhardstrasse 12, D 8000 München 5

Patentanwälte Menges & Prahll, Erhardstr. 12, D 8000 München 5

Dipl.-Ing. Rolf Menges
Dipl.-Chem. Dr. Horst Prahll

Telefon (089) 26 3847
Telex 529581 RIPA1 d
Telegramm RIPA1 München

Ihr Zeichen/Your ref.

Unser Zeichen/Our ref. U 832

Datum/Date 22.02.1983

United Technologies Corporation
Hartford, Connecticut 06101, U.S.A.

Rotorbaugruppe für ein Axialgasturbinentriebwerk

Die Erfindung bezieht sich auf Axialströmungsmaschinen und betrifft insbesondere deren Laufschaufeln.

Das erfindungsgemäße Konzept wurde in der Flugzeuggasturbinentriebwerksindustrie entwickelt, um das Ausbauen von einzelnen Fanlaufschaufeln aus den Fanabschnitten von Turbofan-Triebwerken zu gestatten, es hat aber einen breiteren Anwendungsbereich sowohl in dieser Industrie als auch in anderen Industrien.

Moderne Flugzeuggasturbinen sind von der Turbofan-Bauart und haben große Laufschaufeln üblicherweise am vorderen Ende des Triebwerks. Die Laufschaufeln werden als "Fanlaufschaufeln" bezeichnet und benutzt, um über sie hinweggeleitete Luft zu

.....

3306143

4

- 2 -

beschleunigen, ähnlich wie bei einem Propeller.

Da die Laufschaufeln am vorderen Ende des Triebwerks angeordnet sind, können sie durch Fremdobjekte beschädigt werden, die auf der Rollbahn aufgenommen und in das Triebwerk gesaugt werden. Große Vögel verursachen nicht selten eine Fanbeschädigung. Beschädigte Laufschaufeln müssen ersetzt werden, um den aerodynamischen Wirkungsgrad des Fans wieder herzustellen und eine zerstörerische Rotorunwucht zu verhindern.

Die Wurzeln von Fanlaufschaufeln haben üblicherweise einen Schwalbenschwanzquerschnitt und erstrecken sich von vorn nach hinten durch den Rand einer sie tragenden Rotorscheibe. Die Wurzelbefestigungen sind üblicherweise in Umfangsrichtung schräg zu der Mittellinie oder -achse des Triebwerks angeordnet. Laufschaufeln großer Spannweite haben eine oder mehrere Verstärkungs- oder Versteifungsrippen (shrouds) im Bereich ihrer Spannweite oder an den Spitzen. Solche Versteifungsrippen bestehen aus Teilen, die sich quer von den Druck- und Saugseiten der Laufschaufeln weg zu entsprechenden Teilen von benachbarten Laufschaufeln erstrecken. In Kombination bilden die Versteifungsrippen bei Betrachtung in Richtung der Triebwerksachse einen Versteifungskranz. Die Berührungsebene zwischen benachbarten Versteifungsrippen ist zu der Achse der Laufschaufelbefestigung nicht parallel, wodurch jede einzelne Laufschaufel in dem Laufschaufelkranz verriegelt wird.

Zur Vermeidung der Kosten und der Notwendigkeit, sämtliche Laufschaufeln einer Rotorstufe ausbauen zu müssen, um eine einzelne Laufschaufel ersetzen zu können, suchen Wissenschaftler und Ingenieure in der Industrie nach neuen Laufschaufelkonzepten und Techniken.

22.00.88

3306143

5
- 2 -

Gemäß der Erfindung wird das Ausbauen einer einzelnen, mit Versteifungsrippen versehenen Laufschaufel aus einer Axialströmungsmaschine dadurch ermöglicht, daß ein keilförmiger Vorsprung am Grund der Schaufelbefestigungsnut in der Rotor-scheibe vorgesehen ist, so daß die Laufschaufel nach teilweisem Herausziehen derselben aus der Befestigungsnut zum Trennen der Laufschaufel von den Versteifungsrippen von benachbarten Laufschaufeln um den keilförmigen Vorsprung geschwenkt werden kann.

Hauptmerkmale der Erfindung sind die keilförmigen Vorsprünge, die sich vom Grund jeder Schaufelbefestigungsnut in der Scheibe nach außen erstrecken, und die konisch zulaufenden Flächen an den Unterseiten der Wurzelabschnitte der entsprechenden Laufschaufeln. Durch teilweises Herausziehen des Wurzelabschnitts einer Laufschaufel aus der entsprechenden Schaufelbefestigungsnut wird der radiale Spalt zwischen ihnen vergrößert, was das Verschwenken der Laufschaufel um den keilförmigen Vorsprung gestattet.

Ein Hauptvorteil der Erfindung ist die Möglichkeit, eine einzelne Laufschaufel aus der Rotorbaugruppe ausbauen zu können. Bei einem Flugzeugtriebwerk kann das Ausbauen einer Fanlaufschaufel an Ort und Stelle erfolgen, ohne daß das Triebwerk aus dem Flugzeug ausgebaut zu werden braucht. Das Ausbauen der Fanlaufschaufel ist möglich, ohne daß größeres Spiel im eingebauten Zustand vorhanden ist. Das Schwenken der Laufschaufel in einer ersten Richtung um den keilförmigen Vorsprung ermöglicht ein teilweises Herausziehen trotz der Nichtparallelität zwischen der Achse der Befestigungs-nut und den Ebenen, in denen sich benachbarte Versteifungs-rippen berühren. Das Schwenken der Laufschaufel in einer zweiten Richtung gestattet ein umfangsmäßiges Verlagern der Laufschaufelversteifungsrippe um die Hinterkante der benachbarten Laufschaufel, so daß die Laufschaufel aus der Schau-

felbefestigungsnut vollständig herausgezogen werden kann.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigt

- Fig. 1 eine vereinfachte Vorderansicht eines Teils der Fanbaugruppe eines Turbofan-Gasturbinentriebwerks,
- Fig. 2 eine auseinandergezogene perspektivische Darstellung, die den Keil zeigt, auf dem die Schaufelwurzel sitzt,
- Fig. 3 eine Ansicht in der Richtung 3-3 in Fig. 1,
- Fig. 4 eine Schnittansicht nach der Linie 4-4 in Fig. 1,
- Fig. 5 eine vergrößerte Ansicht der Fanlaufschaufelwurzel, die die Möglichkeit veranschaulicht, eine teilweise herausgezogene Laufschaufel um den Keil am Grund der Befestigungsnut zu neigen,
- Fig. 6 eine perspektivische Ansicht, die das teilweise Herausziehen einer einzelnen Laufschaufel aus der Rotorbaugruppe zeigt,
- Fig. 7 eine perspektivische Ansicht, die das nacheinander erfolgende teilweise Herausziehen von zwei benachbarten Laufschaufeln zeigt, wobei die Verstei-

2008

3306143

- 7 -

fungsrippen der am weitesten nach vorn herausgezogenen Laufschaufel von den Versteifungsrippen der benachbarten Laufschaufel freigekommen sind, und

Fig. 8

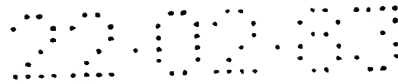
eine perspektivische Ansicht, die das umfangsmäßige Verlagern der am weitesten nach vorn herausgezogenen Laufschaufel in eine Position zeigt, in der die Versteifungsrippen der Laufschaufel nicht mit dem Flügelprofilabschnitt der benachbarten Laufschaufel in Berührung kommen.

Die bevorzugteste Ausführungsform der Erfindung wird unter Bezugnahme auf den Fanabschnitt eines Turbofan-Gasturbinen-triebwerks beschrieben. Ein Teil einer Fanrotorbaugruppe ist in Fig. 1 in Vorderansicht gezeigt. Mehrere Laufschaufeln 12 erstrecken sich von dem Umfang einer Rotorscheibe 14 nach außen. Jede Laufschaufel hat einen Flügelprofilabschnitt 16, einen Plattformabschnitt 18 und einen Wurzelabschnitt 20. Jeder Plattformabschnitt bildet einen Teil der inneren Wand des Strömungsweges 22 für Arbeitsmediumgase. Jeder Wurzelabschnitt 20 faßt in eine entsprechende Befestigungsnut 24 am Umfang der Rotorscheibe ein. Der Flügelprofilabschnitt 16 jeder Laufschaufel hat eine Saugseite 26 und eine Druckseite 28. Versteifungsrippen 30 und 32 erstrecken sich quer von der Saug- bzw. Druckseite der Laufschaufel weg zu den Versteifungsrippen von benachbarten Laufschaufeln. Die Versteifungsrippen von benachbarten Laufschaufeln bilden gemeinsam einen Versteifungskranz, der sich in Umfangsrichtung um das Triebwerk erstreckt. Die dargestellten Versteifungsrippen sind in einem mittleren Punkt längs der Spannweite der Laufschau-

fel angeordnet und werden als Spannweitenmitte-Versteifungsrippen bezeichnet. Die Lage der Versteifungsrippen im Bereich der Spannweite ändert sich mit der Triebwerkskonstruktion. Mehrere Versteifungskränze werden in einigen Ausführungsformen benutzt, und in anderen Ausführungsformen ist ein Versteifungskranz an den Spitzen der Laufschaufeln angeordnet.

Die Form jedes Schaufelwurzelabschnitts und die Geometrie der entsprechenden Befestigungsnut sind in Fig. 2 in auseinandergezogener perspektivischer Darstellung gezeigt. Die Befestigungsgeometrie ist von dem allgemeinen Typ, der als Schwalbenschwanzwurzel bezeichnet wird. Die Geometrie ist jedoch gegenüber der herkömmlichen Form dahingehend modifiziert, daß die untere Fläche 34 der Schaufelwurzel sich von der Hinterkante 36 zu der Vorderkante 38 verjüngt, so daß die Schaufelwurzel einen abnehmenden Querschnitt hat. Die Befestigungsnut 24 hat einen keilförmigen Vorsprung 40, der sich von dem Mittelteil des Grundes der Befestigungsnut aus von der Vorderseite 42 zu der Hinterseite 44 der Rotorscheibe erstreckt. Die obere Fläche 46 des keilförmigen Vorsprungs und die untere Fläche des Schaufelwurzelabschnitts sind einem Winkel ϕ angepaßt, der gegen eine zu der Triebwerksmittellinie parallele Ebene gemessen wird. Der Wurzelabschnitt 20 der Laufschaufel 12 und die Befestigungsnut 24 der Rotorscheibe 14 haben eine derartige Kontur, daß sich zunehmendes Spiel zwischen der Unterseite des Schaufelwurzelabschnitts und der Befestigungsnut ergibt, wenn die Laufschaufel aus der Befestigungsnut axial herausgezogen wird. Die Laufschaufeln 12 werden an der Rotorscheibe 14 im zusammengebauten Zustand durch herkömmliche Vorrichtungen, die nicht dargestellt sind, axial festgehalten.

Ein in die beschriebene Vorrichtung integriertes Konzept ermöglicht, eine einzelne Laufschaufel an Ort und Stelle aus-



3306143

9

- 7 -

zubauen und wieder einzubauen, was nach dem Betrieb in einem Triebwerk aufgrund einer Beschädigung der Laufschaufeln durch Fremdojekte erforderlich sein kann. Bei dem herkömmlichen Aufbau wird dieses Aus- und Wiedereinbauen einer einzelnen Laufschaufel an Ort und Stelle durch umfangsmäßige Berührung zwischen benachbarten Versteifungsrippen und axiale Berührung der Versteifungsrippen mit sich nach vorn erstreckenden Teilen der benachbarten Flügelprofilabschnitte verhindert. Gemäß der Darstellung in Fig. 3 braucht die Achse A der Schaufelwurzelbefestigung nicht parallel zu der Schnittebene B zu sein, mit dem Ergebnis, daß die Laufschaufeln, die in axialer Lage an der Rotorscheibe gehalten sind, miteinander verriegelt sind. Selbst ohne direktes Festhalten ist jede Laufschaufel nicht in der Lage, sich axial um mehr als die Strecke Y zwischen der saugseitigen Versteifungsrippe 30 dieser Laufschaufel und dem Flügelprofilabschnitt 16 der benachbarten Laufschaufel zu verlagern.

Die neue Wurzelabschnitts- und Befestigungsnutgeometrie nach der Erfindung ermöglicht eine kombinierte axiale und umfangsmäßige Laufschaufelverlagerung, durch die die Versteifungsrippen der herauszuziehenden Laufschaufel sowohl von den benachbarten Versteifungsrippen als auch von dem Flügelprofilabschnitt der benachbarten Laufschaufel freikommen. Fig. 4 zeigt den vergrößerten Spalt zwischen der unteren Fläche 34 des Schaufelwurzelabschnitts und der oberen Fläche 46 des keilförmigen Vorsprungs 40 am Grund der Befestigungsnut. Im Einbauzustand hat der Spalt eine Größe C_1 , während er bei teilweise herausgezogener Laufschaufel, was gestrichelt dargestellt ist, eine Größe C_2 hat.

Der größere Spalt nach teilweisem axialen Herausziehen gestattet, die Laufschaufel am Anfang in Anpassung an die unterschiedliche Ausrichtung der Schaufelwurzelachse A und der Schnittebene B der benachbarten Versteifungsrippen um den keilförmigen Vorsprung 40 zu schwenken und später um den

keilförmigen Vorsprung 40 zu schwenken, um die saugseitige Versteifungsrippe in Umfangsrichtung von dem benachbarten Flügelprofilabschnitt wegzudrehen. Die Möglichkeit, die Laufschaufel im teilweise herausgezogenen Zustand um den keilförmigen Vorsprung 40 zu schwenken, ist in Fig. 5 dargestellt.

Die aufeinanderfolgenden Schritte zum Herausziehen einer einzelnen Laufschaufel aus einer Rotorscheibe in einer Ausführungsform sind in den Fig. 6-8 gezeigt. Der Einbauzustand in einem Gasturbinentriebwerk ist zwar nicht gezeigt, die Prinzipien des Ausbaus und Wiedereinbaus der Laufschaufeln 12 an der Rotorscheibe 14 sind jedoch gleich. Die Vorrichtung zum direkten axialen Einspannen der Laufschaufeln an der Rotorscheibe im vollständig zusammengebauten Zustand ist entfernt worden.

Gemäß Fig. 6 wird die Laufschaufel 12A nach vorn so weit aus der Rotorscheibe 14 herausgezogen, bis die saugseitige Versteifungsrippe 30A an den Flügelprofilabschnitt 16 der benachbarten Laufschaufel anstößt. Die Laufschaufel schwenkt in der Befestigungsnut etwas im Uhrzeigersinn, um die Winkelfehlanpassung zwischen der Wurzelachse und der Schnittebene der Versteifungsrippen auszugleichen. Gemäß Fig. 7 wird eine zweite Laufschaufel 12B nach vorn so weit aus der Rotorscheibe herausgezogen, bis die saugseitige Versteifungsrippe 30B der zweiten Laufschaufel an den Flügelprofilabschnitt 16A der benachbarten Laufschaufel anstößt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird die druckseitige Versteifungsrippe 32B in Umfangsrichtung von der saugseitigen Versteifungsrippe 30C der benachbarten Laufschaufel 12C nicht mehr behindert. Die Anzahl der Laufschaufeln 12, die nach vorn gezogen werden müssen, hängt von der besonderen Ausführungsform sowie von Faktoren wie der Breite der Versteifungsrippen und der

3306143

11
- 8 -

Geometrie des benachbarten Flügelprofilabschnitts in der Nähe der Versteifungsrippen ab.

Gemäß Fig. 8 wird die Laufschaufel 12B in der Befestigungs-
nut im Gegenuhrzeigersinn in eine Stellung gedreht, in der
sich die saugseitige Versteifungsrippe 30B der Laufschaufel
an dem Flügelprofilabschnitt 16A der benachbarten Laufschaufel
axial vorbeibewegen kann. In dieser Stellung kann das
volle Herausziehen einer einzelnen Laufschaufel aus der Rotor-
scheibe erfolgen. Das Wiedereinbauen der einzelnen Laufschaufel
erfolgt durch eine Prozedur, die zu der Ausbauprozedur
entgegengesetzt ist.

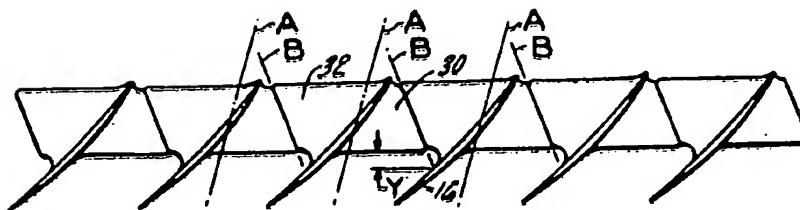


FIG. 3

22 02 83

3306143

13

FIG. 2

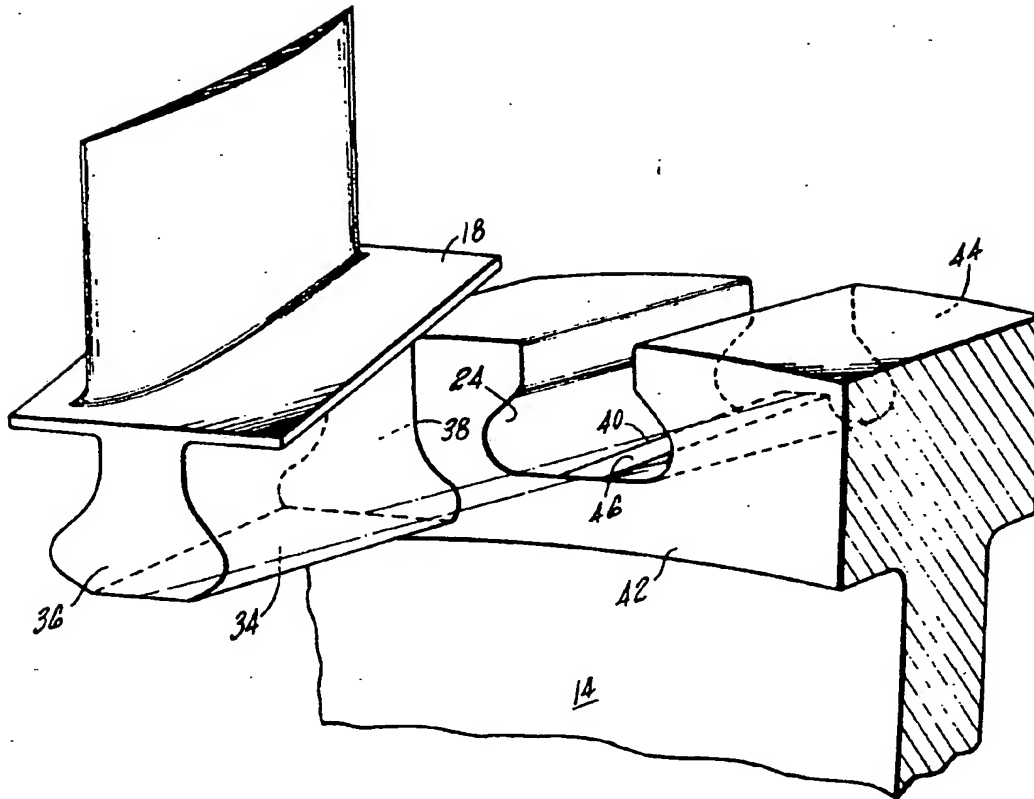


FIG. 5

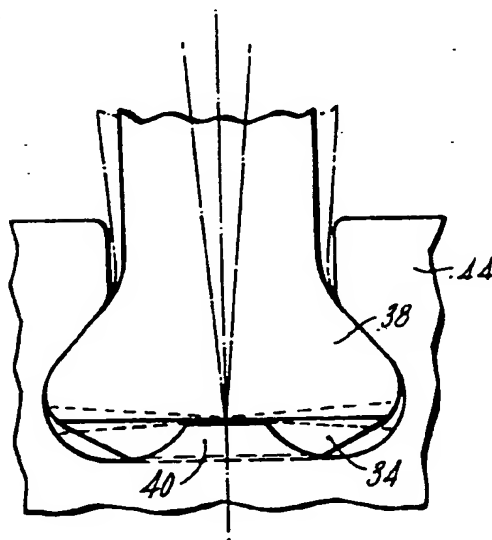
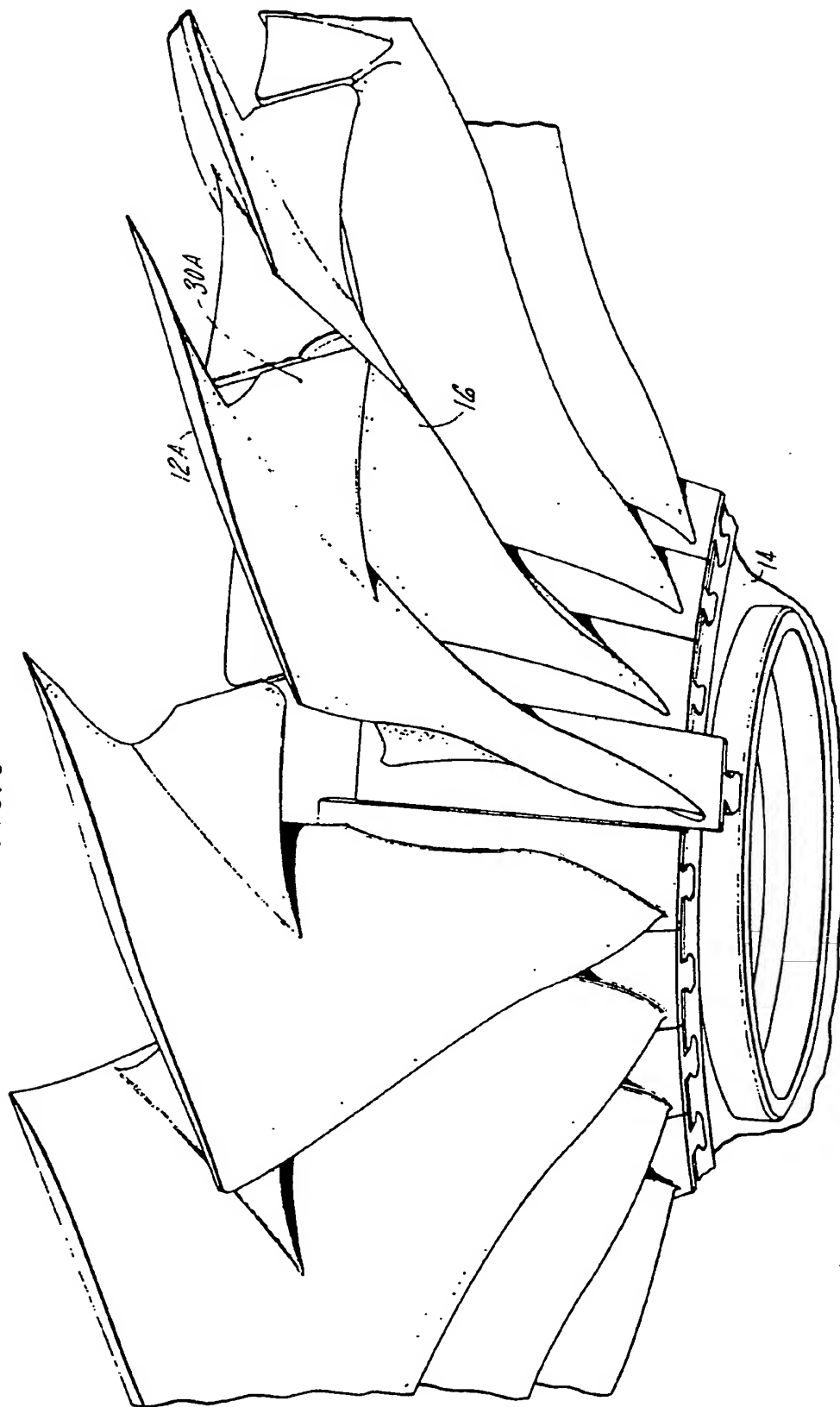


FIG. 6



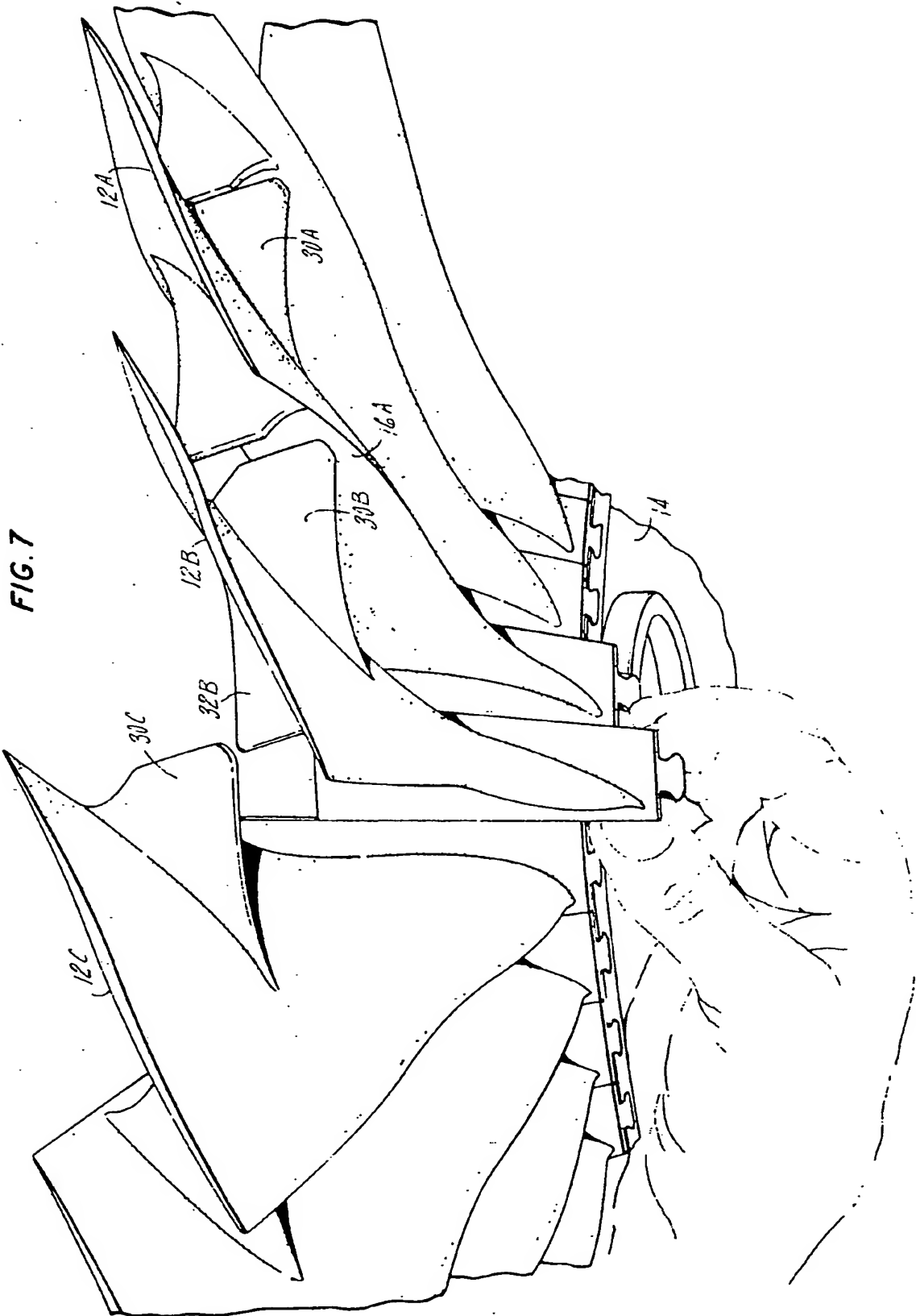


FIG. 8

